

А. М. Семенцова, В. А. Яковлев

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург

amsementsova@gmail.com

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНДЕНСАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ГАЗА

В работе проанализированы различия конденсационной и неконденсационной техники. Рассмотрен процесс использования высшей теплоты сгорания. Рассчитана экономия топлива при использовании конденсационных установок.

Ключевые слова: энергоэффективность; конденсация.

A. M. Sementsova, V. A. Yakovlev

St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg

PRACTICABILITY OF USAGE OF CONDENSING TECHNOLOGY FOR DIFFERENT KINDS OF GAS

Differences between condensing technology and noncondensing technology are analyzed in this work. The process of using the higher calorific value is reviewed. The usage of condensing technology for fuel economy is also calculated in this work.

Key words: energy efficiency, condensation.

Впервые конденсационные установки привлекли внимание общественности в 50-х годах прошлого века, однако они не получили широкого распространения ввиду использования теплообменников из чугуна и стали, которые благодаря воздействию кислой среды (конденсата) подвержены сильнейшей коррозии. Второе возрождение применения конденсационных установок пришлось на 70-80-е годы, когда вследствие развития технологии производства стало доступным

использовать коррозионностойкие материалы, в частности, легированные нержавеющие стали.

В настоящее время, ежегодное повышение дефицита невозобновляемых источников энергии, удорожание единицы производимой тепловой энергии, ежегодный рост энергетической потребности на душу населения и возрастающая антропогенная нагрузка на окружающую среду побудила многие крупные производственные компании (такие, как *Viessmann*, *Rendamax* и др.) обратить внимание на конденсационные установки и увеличить вклад ресурсов в их разработку.

Главное различие между конденсационными и неконденсационными котлами заключается в их высоком КПД, у конденсационных котлов этот показатель ввиду особенностей правил вычисления КПД для конденсационного оборудования может достигать 109 %, однако согласно первому закону термодинамики значение более 100 % получить невозможно. В соответствии с общепринятыми правилами, значение КПД определяют, как отношение полезно использованной тепловой энергии к низшей теплоте сгорания топлива.

При рассмотрении перспектив использования в конденсационной технике различных по составу газов можно отметить ряд важных моментов. При сжигании природного газа, разница между высшей и низшей теплотой сгорания изменяется в зависимости от содержания в нём более тяжёлых углеводородов, при сжигании которых на основании стехиометрических уравнений, образуется большая объёмная доля водяных паров.

Если принять во внимание схему химической реакции горения метана, как основного компонента в составе природного газа, представленную на рисунке, можно отметить, что при сжигании одной молекулы метана в результате реакции окисления образуется две молекулы воды по уравнению (1) и выделяется теплота.

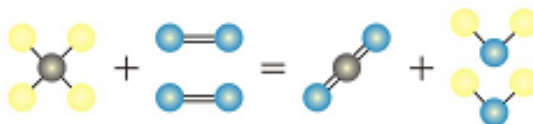
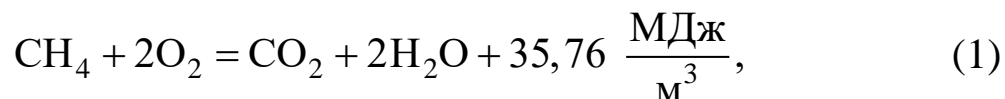


Схема химической реакции горения метана



где 35,76 – низшая теплота сгорания метана (теплота, выделившаяся в результате окисления метана кислородом воздуха), МДж/м³.

Высшая теплота сгорания метана определяется по выражению (2)

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{н}} + \Delta Q_{\text{H}_2\text{O}} \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3}, \quad (2)$$

где $\Delta Q_{\text{H}_2\text{O}} = 4,17 \text{ МДж/м}^3$ – количество выделившейся тепловой энергии (теплоты) в результате фазового перехода водяных паров в жидкость; $Q_{\text{н}}$ и $Q_{\text{в}}$ – низшая и высшая теплота сгорания метана, равные соответственно $Q_{\text{н}} = 35,76 \text{ МДж/м}^3$ и $Q_{\text{в}} = Q_{\text{н}} + \Delta Q_{\text{H}_2\text{O}} = 39,93 \text{ МДж/м}^3$.

Для выявления целесообразности использования того или иного газа в конденсационных котлоагрегатах, опираясь на известную методику составления материального баланса горения газов, был проведен расчетный анализ состава наиболее часто используемых газов как искусственного, так и природного происхождения.

Сравнение различных составов газа производилось по величине относительного тепловыделения при конденсации, опираясь на низшую теплоту сгорания.

Коэффициент относительного тепловыделения при конденсации

$$\sigma = \frac{V_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot r}{Q_{\text{н}}^{\text{р}}} \cdot 100, \% , \quad (3)$$

где $V_{\text{H}_2\text{O}}$ – удельная объёмная доля водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания, м³/м³; $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ – плотность водяных паров, кг/м³; r – удельная теплота конденсации водяных паров, кДж/кг; $Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – низшая теплота сгорания рабочего состава топлива, кДж/м³.

Согласно указанной методике, были выполнены расчёты, результаты которых по каждому виду рассматриваемого топлива сведены в таблицу.

Сравнительный анализ коэффициентов относительного тепловыделения при конденсации показал, что для конденсационного оборудования целесообразнее использовать газы, которые при сжигании образуют более высокое содержания водяных паров.

Агрегатное состояние	Вид топлива		Теоретический объём сухого воздуха	Теоретический объём водяных паров	Коэффициент относительного тепловыделения при конденсации
			V_T^c	V_{H_2O}	σ
			м ³ /м ³	м ³ /м ³	%
Газ	Природный газ	Уренгойское	9,46	2,13	8,09
		Газлинское	9,77	2,18	7,59
	Шахтный 1 (CH ₄ = 5 %)		-0,47	0,09	12,54
	Шахтный 2 (CH ₄ = 90 %)		8,47	1,94	8,10
	Биогаз 1 (CH ₄ = 55 %)		8,45	1,69	11,58
	Биогаз 2 (CH ₄ = 75 %)		8,93	1,89	9,54
	Искусственный	коксовый	4,50	1,24	9,62
		сланцевый	4,37	0,96	9,92
		генераторный	1,43	0,22	6,04
	Синтез-газ		2,58	0,36	17,19
Жидкость	Малосернистый мазут		м ³ /кг	м ³ /кг	%
			10,63	1,51	5,06
Твердое	Бурый уголь		4,48	0,68	6,08

Однако, ввиду существенного отличия их теплоты сгорания, при анализе наиболее интересны относительные показатели, учитывающие низшую теплоту сгорания топлива и его рабочий состав, которые показывают, что, например, у синтез-газа или у шахтного газа, имеющих невысокий процент содержания метана, относительное тепловыделение при конденсации имеет сравнительно высокие значения. Полученные результаты позволяют утверждать, что изменение КПД конденсационного оборудования, при переводе его на иной по составу газ, будет иметь различную динамику в зависимости от величины полноты конденсации. Чем выше процентное отношение тепловыделения при конденсации, тем существеннее будет сказываться на изменении КПД оборудования полнота прохождения процессов конденсации.